

PRIOR DOCUMENT 3  
CITED IN THE OFFICE ACTION



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10003552 A**(43) Date of publication of application: **06.01.98**

(51) Int. Cl.

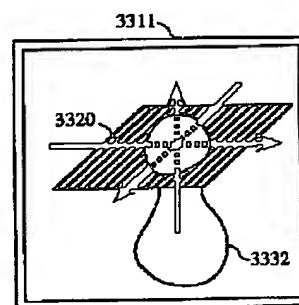
**G06T 17/40**  
**G06F 17/50**
(21) Application number: **08157043**(22) Date of filing: **18.06.96**(71) Applicant: **MINOLTA CO LTD**
(72) Inventor: **FUKUSHIMA SHIGENOBU**  
**KARASAKI TOSHIHIKO**
**(54) THREE-DIMENSIONAL DATA PROCESSING**  
**SYSTEM**

(57) Abstract:

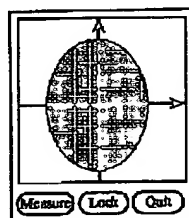
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To cut a stereoscopic model at a desired position and angle, and to display the cross-section.

**SOLUTION:** A stereoscopic model and a reference object 3320 in a plane body structure are displayed on a three-dimensional viewer 3311. This reference object 3320 can be moved by desired amounts or rotated at a desired angle on the three-dimensional viewer by the operation of a control part. On the other hand, in this device, three-dimensional data defining the stereoscopic model are coordinate-transformed into a new coordinate system in which the reference object 3320 is defined as a reference face ( $Z=0$ ) on a coordinate, and data fulfilling  $Z=0$  are extracted from the transformed three-dimensional data as cross-section data. Then, the cross-section data are displayed on a second-dimensional viewer.

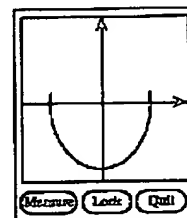
COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(a)



(b)



(c)

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 17/40			G 0 6 F 15/62	3 5 0 K
G 0 6 F 17/50			15/60	6 2 4 E

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平8-157043

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月18日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 福嶋 茂信

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 唐崎 敏彦

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

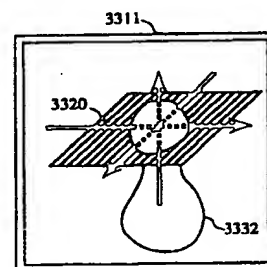
(74) 代理人 弁理士 中島 司朗

(54) 【発明の名称】 3次元データ処理システム

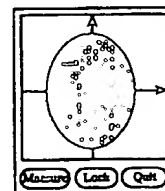
(57) 【要約】

【課題】 立体モデルを所望する位置、角度で切断し、その切断面を表示すること。

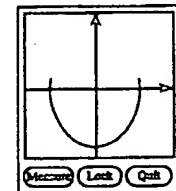
【解決手段】 3次元ビューウ3311上に立体モデルと共に、平面体構造をした基準物体3320を表示する。この基準物体3320は操作部の操作によって3次元ビューウ上で所望量移動したり、所望角度回転したりできる。一方、装置内においては、立体モデルを定義する3次元データを、前記基準物体を座標上の基準面( $Z=0$ )とする新たな座標系に座標変換し、変換後の3次元データから $Z=0$ を満たすデータを切断面データとして抽出する。そして、この切断面データを2次元ビューウにて表示する。



(a) 切断面の設定



(b) 閉じた切断面の表示



(c) 開いた切断面の表示

切断による断面表示

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3次元データで定義された立体モデルを所定の表示画面で表示する第 1 の表示手段と、前記立体モデルを所望の位置及び角度で切断する切断平面を指定する切断平面指定手段と、切断平面指定手段により指定された切断平面を、前記立体モデルと同じ表示画面上で表示するための第 2 の表示手段と、指定された切断平面に従って立体モデルを切断した結果を表示する第 3 の表示手段と、を有することを特徴とする 3次元データ処理システム。

【請求項 2】 前記切断平面指定手段による切断平面の指定の自由度が 6 であることを特徴とする請求項 1 記載の 3次元データ処理システム。

【請求項 3】 前記第 2 の表示手段は、3次元データの表示座標とは独立した 3 軸の直交軸と、このうち 2 軸を含む平面を、切断平面として表示する手段であることを特徴とする請求項 2 記載の 3次元データ処理システム。

【請求項 4】 前記第 3 の表示手段は、2次元ビューワであり、

前記切断平面指定手段は、切断平面を座標の基準面とする新たな座標系に立体モデルの 3次元データを座標変換する座標変換部と、座標変換後の 3次元データのうち切断平面と同一面にあるデータを第 3 の表示手段に出力する出力部とを含むことを特徴とする請求項 3 記載の 3次元データ処理システム。

【請求項 5】 前記切断平面と同一面上の 3次元データに欠損があるか否かを判定する手段と、判定結果によって第 3 の表示手段による立体モデルの切断結果の表示方法を切替える切換手段とを備えることを特徴とする請求項 4 記載の 3次元データ処理システム。

【請求項 6】 前記第 3 の表示手段を複数備え、各々の第 3 の表示手段が異なった切断面を同一倍率で表示することを特徴とする請求項 4、5 記載の 3次元データ処理システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は 3次元データ処理システムに関し、殊に 3次元データで定義される立体モデルの断面を表示する技術の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年の 3次元データ計測技術の進歩とともに、3次元データ計測機器によって測定された 3次元データを解析することで、計測対象物体の断面を測定する需要が高まっている。例えば、人体を計測対象とし、その立体モデルの所望する位置、角度での切断面を測定し表示したい需要が医療分野や衣服の縫製技術の分野等において高まりつつある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来に

においては例えば Z 軸上の位置を指定し、その位置を通る Z 軸に垂直な面で立体モデルを切断し、表示するという 1 つの軸に沿っての切断処理技術であり、立体モデルを 3次元座標系における任意の位置、任意の方向から切断し、その切断面を表示するという技術は確立されていなかった。

【0004】本発明はこのような点にあって、立体モデルを所望する方向で切断することを指定でき、かつその断面を表示できる有用な技術を提供することを主目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、3次元データで定義された立体モデルを所定の表示画面で表示する第 1 の表示手段と、前記立体モデルを所望の位置及び角度で切断する切断平面を指定する切断平面指定手段と、切断平面指定手段により指定された切断平面を、前記立体モデルと同じ表示画面上で表示するための第 2 の表示手段と、指定された切断表面に従って立体モデルを切断した結果を表示する第 3 の表示手段と、を有することを特徴としている。

【0006】ここで、前記切断平面指定手段による切断平面の指定の自由度が 6 であることを特徴としている。ここで、前記第 2 の表示手段は、3次元データの表示座標とは独立した 3 軸の直交軸と、このうち 2 軸を含む平面を、切断平面として表示する手段であることを特徴としている。

【0007】ここで、前記第 3 の表示手段は、2次元ビューワであり、前記切断平面指定手段は、切断平面を座標の基準面とする新たな座標系に立体モデルの 3次元データを座標変換する座標変換部と、座標変換後の 3次元データのうち切断平面と同一面にあるデータを第 3 の表示手段に出力する出力部とを含むことを特徴としている。

【0008】ここで、前記切断平面と同一面上の 3次元データに欠損があるか否かを判定する手段と、判定結果によって第 3 の表示手段による立体モデルの切断結果の表示方法を切替える切換手段とを備えることを特徴としている。ここで、前記第 3 の表示手段を複数備え、各々の第 3 の表示手段が異なった切断面を同一倍率で表示することを特徴としている。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下本実施形態について図面を参照しながら説明する。

<システム構成> 3次元データ処理システムの内部構成を図 1 に示す。図 1 に示すように 3次元データ処理システムは光学的測定部、測定対象モデル化部 2、ディスク装置 3、マウス 5、キーボード 6、GUI システム 7、メインモジュール 8、及びメジャーリングモジュール 9 から構成される。

【0010】光学的測定部 1 は例えば特開平 7-174

536に記載された装置であり、レーザ測定機器を有し、測定対象を光学的に読み取る。測定対象モデル化部2は光学的に読み取られた測定対象を立体モデル化する。立体モデルと測定対象との関係を図20(a)

(b)に示す。図20(a)に示す人体は光学的測定部によってレーザ照射される。光学的測定部によって光学的に読み取られた測定対象を測定対象モデル化部2は図20(b)に示すように立体モデル化する。立体モデルとは、測定対象を多面体近似で表現したモデルであり、何千個、何万個といった数の平面から構成される。y201内の円は、立体モデルの円y200内を拡大して表している。個々の平面はポリゴンメッシュと称され三角形或は四角形の形状を有する。図20(c)のy201内には立体モデルデータが生成されていない箇所が存在する。これは光学的測定部の反射光の読み取り不良によって生じた欠損部である。

【0011】立体モデルデータのデータ構造を図21に示す。図21に示すように、立体モデルデータは頂点数・ポリゴンメッシュ数の組みと、ポリゴンメッシュリストと、頂点リストとからなる。ポリゴンメッシュの構成要素を図21の横の並びに示す。ポリゴンメッシュリストは、ポリゴンメッシュに付された識別子と、そのポリゴンメッシュを構成する頂点数と、頂点識別子列と、平面の表裏を示す情報とをメッシュ数分羅列することにより構成される。各ポリゴンメッシュリストにおける頂点の配置順序は各ポリゴンメッシュリストを表側から見た時に左回りの順序であり、これにより各ポリゴンメッシュの表裏の識別が可能となり、更に立体モデルの内部・外部の識別が可能となる。

【0012】頂点リストは、各頂点に付された頂点識別子と、当該頂点の3次元座標とを頂点数分羅列することにより構成される。ディスク装置3には、立体モデルデータを収録したデータファイルが多数蓄積される。ディスプレイ4は20インチ以上の広々とした表示面を有し、ここに何枚ものウィンドウを配する。ディスプレイ4におけるウィンドウには『ビューワー(VIEWER)』、『キャンバス(CANVAS)』、『パネル』といった三種別がある。ビューワーとは三次元データ用のウィンドウであり、キャンバスとは二次元データ用のウィンドウである。ビューワーの表示には、レンダリング処理によりその表面に陰影を付すことができ、模様・柄を張り付けることもできる。ウィンドウの他にも、液晶シャッターを具備したゴーグルタイプの三次元ディスプレイやリアルタイムホログラフィー等をビューワーとして用いることができる。

【0013】ディスプレイ4の表示例を図22に示す。本図においてディスプレイ4の表示面には、3つのビューワーy2201~y2203と、4つのキャンバスy2204~y2207と、メジャーリング処理操作パネル3170と、回転・移動量入力用パネル3290とが配置されて

いる。ビューワーy2201には立体モデルデータの斜視像が表示され、ビューワーy2202には側面像が表示される。ビューワーy2203は立体モデルデータの上面像が表示される。4つのキャンバスy2204、キャンバスy2205、キャンバスy2206には、立体モデルデータを切断した断面像が表示される。このようにキャンバスを複数配しているのは、立体モデルの首周り、腰周り、胸周り等立体モデルの複数の断面を個別に表示させるためである。回転・移動量入力用パネル3290は切断の切り口を指定するためのパネルであり、メジャーリング処理操作パネル3170は立体モデルの体積、重心、断面積、距離を表示するためのパネルである。

【0014】ビューワーにおける座標系と、キャンバスにおける座標系との対応関係を図23に示す。図23

(b)においてビューワー系の座標は立体モデルデータの左下を原点としている。これに対してキャンバスにおける座標系は基準物体と呼ばれる平面体の中心を原点としている(基準物体は、請求の範囲における仮想物体に対応する)。基準物体の表側にあるポリゴンメッシュは正のZ座標を有し、裏側にあるポリゴンメッシュは負のZ座標を有する。

【0015】基準物体について図24を参照しながら説明する。図24(a)に示すように基準物体の中心位置には、キャンバス座標系のX軸Y軸Z軸が直交している。直交点がキャンバス座標系における原点となる。図24(a)に示す基準物体は図24(b)に示すデータ構造で表現される。即ち基準物体は、法線ベクトル(p, q, r)と、ビューワー系で表された中心位置の座標(Xa, Ya, Za)と、縦幅Lxと、横幅Lyとを対応づけたデータ構造で表現される。基準物体上の任意の座標(X, Y, Z)と法線ベクトル(p, q, r)の間には $pX + qY + rZ = 1$ の関係が成立する。

【0016】図25(a)に示すように、基準物体の姿勢は、操作者の操作に応じてX軸Y軸Z軸周りの矢印Rx, Ry, Rz方向に回転し、図25(b)に示すように、基準物体の位置はX軸Y軸Z軸の矢印mx, my, mz方向にスライドする。マウス5及びキーボード6は、キャンバスやビューワー内の位置やメジャーリング処理操作パネル3170、回転・移動量入力用パネル3290内のボタンを指示し、基準物体の移動量や回転量を入力するためのポインティングデバイスである。

【0017】GUIシステム7はイベント管理を行い、ディスプレイ4におけるキャンバス及びビューワーの割り当てや、各種メニューを割り当てを制御する。メインモジュール8は、図2のフローチャートの手順を記述した実行形式のプログラムであり、メジャーリングモジュール9は、図3~図19のフローチャートの手順を記述した実行形式のプログラムである。これらのモジュールはディスク装置3からメモリ上にロードされ、プロセッサ10によって逐一実行される。

【0018】プロセッサ10は、解読器、ALU、各種レジスタを具備した集積回路でありメインモジュール8、メジャーリングモジュール9の内容に基づいて三次元データ処理システムを制御する。次に図2のメインフローチャートを参照しながらメインモジュール8に基づいたプロセッサの制御内容について説明を行う。ステップ10ではプロセッサ10は、ハードウェアの初期化や各種ウィンドウの表示等の初期設定を行う。初期設定後、ディスプレイ4には立体モデルデータ取り込み処理、メジャーリング処理の何れを実行するかを操作者に問うPOPUPメニューを表示する。ここで操作者が立体モデルデータ取り込み処理を選択するとステップ11がYesになりステップ13に移行する。ステップ13ではプロセッサ10は光学的測定部を起動し、光学的測定部1に人体にレーザを照射させ、その反射光を測定させる。レーザ照射が済むと、測定対象モデル化部2に測定された反射光に基づき立体モデルデータを生成させる。これにより図20の説明図に示したような立体モデルデータが生成される。立体モデルデータは、人体の肩の盛り上がり、胸、腕の起伏を多面体で表現している。このように立体モデルを生成すると、その上面像、側面像、斜視像をビューワーに表示する。

【0019】ステップ13の実行後、ステップ15においてプロセッサ10は、生成した立体モデルデータをビューワーに表示する。ステップ15によってディスプレイは、図22に示した表示例の画面になる。この表示例におけるカーソル位置は、GUIシステム7のイベント管理によって適宜移動する。

＜メジャーリング処理＞メジャーリング処理のメインフローチャートは、メジャーリング処理操作パネル3170に対するクリックに応じて各種モードを起動する。メジャーリング処理のメインフローチャートは、図3のフローチャートに示すように判定ステップの羅列からなる多重分岐を用いて表現される。

【0020】本フローチャートに移行するとディスプレイ4にはメジャーリング処理操作パネル3170が表示され、ステップ37におけるイベント待機状態となる。メジャーリング処理操作パネル3170の構成を図31に示す。図31に示すようにメジャーリング処理操作パネル3170は、体積モード起動ボタン3171、重心モード起動ボタン3172、表面積モード起動ボタン3173、切断モード起動ボタン3174、距離モード起動ボタン3175、基準物体移動ボタン3176、基準物体回転ボタン3177、立体モデルロードボタン3178、メジャーリング処理終了ボタン3179、モデルサイズゲージ3181、体積ゲージ3182、重心ゲージ3183、表面積ゲージ3184、断面積・輪郭長ゲージ3185、及び直線距離・表面距離ゲージ3186から構成される。

【0021】操作者がポインティングデバイスを操作すると、プロセッサ10はメジャーリング処理操作パネル3170上でカーソルを移動する。本図において体積モード

起動ボタン3171は体積モード処理を起動する起動ボタンであり、体積ゲージ3182は本体積モードで計算された体積をSI単位系で表示するためのゲージである。重心モード起動ボタン3172は重心位置モード処理を起動する起動ボタンであり、重心ゲージ3183は本重心モードで計算された重心位置をSI単位系で表示するためのゲージである。切断モード起動ボタン3174は切断モード処理を起動する起動ボタンである。距離モード起動ボタン3175は距離モード処理を起動する起動ボタンであり、直線距離・表面距離ゲージ3186は本距離モードで計算された距離をSI単位系で表示するためのゲージである。

【0022】ここでイベントが入力されると、ステップ20～ステップ26、ステップ36の判定ステップの羅列に移行する。この判定ステップの羅列では、ステップ20でNoならばステップ21に移行し、ステップ21でNoならばステップ22に移行する。以上のようにステップ20からステップ26、ステップ36は、何れかのステップが『Yes』になるまで順次実行されてゆく。操作者がカーソルで切断モード起動ボタン3174を指示すると、ステップ22においてYesとなりステップ30が実行される。操作者がカーソルで距離モード起動ボタン3175を指示すると、ステップ23においてYesとなりステップ31が実行される。カーソルで体積モード起動ボタン3171を指示すると、ステップ24においてYesとなりステップ32が実行される。三次元データ処理システムが起動した状態では、基準物体が未表示であるからステップ20がYesとなりステップ27に移行する。メジャーリング処理モードを抜きたい場合、操作者はメジャーリング処理操作パネル3170のメジャーリング処理終了ボタン3179をクリックすればよい。メジャーリング処理終了ボタン3179をクリックするとステップ36がYesとなり、図2のフローチャートに戻る。別の立体モデルデータを測定したい場合操作者は、メジャーリング処理操作パネル3170の立体モデルロードボタン3178をクリックする。立体モデルロードボタン3178をクリックするとディスク装置3のディレクトリが表示される。このディレクトリは、ディスク装置3に蓄積されている立体モデルデータを一覧表示するためのものである。一覧表示された何れかの立体モデルデータをクリックすると、ビューワーにはその立体モデルデータが表示される。

【0023】＜基準物体表示処理＞基準物体表示処理は、立体モデルのサイズに基準物体を適合させることを主眼においている。立体モデルとの適合が如何に行われるかを図4のフローチャートを参照しながら説明する。本フローチャートのステップ41においてプロセッサ10は基準物体が表示済みであるか未表示であるかを判定する。ステップ44に移行した場合について説明する。ステップ44では図21に一例を示した頂点リストからX座標Y座標の最大値、最小値を探索する。ステップ44の実行後、ステップ45に移行する。ステップ45で

は、探索された最大値、最小値から基準物体のXYZ各方向のサイズを計算する。ステップ44によって既に図21に一例を示した頂点座標の最大値、最小値が探索されているから、これらに基づいて立体モデルデータの縦寸・横寸が算出される。算出された縦寸・横寸は図31に示すメジャーリング処理操作パネル3170上のモデルサイズゲージ3181に表示される。

【0024】ステップ45の実行後、ステップ46に移行する。ステップ46においてプロセッサ10は立体モデルの縦寸・横寸に合うように基準物体のサイズを決定する。ステップ46の実行後、ステップ47に移行して、プロセッサ10はX座標Y座標の最大値、最小値を被演算子として立体モデルデータが占めている範囲を計算し、その中心位置を算出する。ここで算出された位置が基準物体の中心位置となる。ステップ47の実行後、ステップ48に移行する。ステップ48においてプロセッサ10はビューワーにおける中点位置に基準物体を据える。このようにして、基準物体をその中央に据えた立体モデルデータがビューワー上に表示される。

【0025】＜基準物体再表示処理＞基準物体再表示処理には、基準物体の姿勢を変える処理(1)と、基準物体の位置を変える処理(2)とがある。(1)(2)の処理の切り替えは、基準物体移動ボタン3176及び基準物体回転ボタン3177のクリックに行われる。(1)における回転量及び(2)における移動量はイベント量によって決定される。本システムにおけるイベント量には、マウス5の走行操作によって三次元データ処理システムに与えられるものと、キーボード6のタイプにより三次元データ処理システムに与えられるものの2通りがある。前者のイベント量はマウスが内蔵している球体の回転量をサンプリングすることにより算出され、後者のイベント量はキーバッファに格納されているコードを取得することにより算出される。

【0026】操作者がメジャーリング処理操作パネル3170における基準物体移動ボタン3176、基準物体回転ボタン3177をカーソルで指定すると、図32に示す回転・移動量入力用パネルが表示される。これをカーソルで指示して操作者がキータイプすると、ステップ25においてプロセッサ10はキーバッファに格納されているコードを入力イベント量として検出する。操作者がマウスを走行操作すると、プロセッサ10はマウスが内蔵している球体の回転量をサンプリングする。このサンプリング値が入力イベント値とみなされる。プロセッサ10はこれらの入力イベント量を回転・移動量入力用パネル3290のゲージ3291～3293内に表示する。表示後にステップ41、ステップ42に移行する。ステップ41、ステップ42は回転モード、移動モードの設定に応じて異なる手順に分岐する。先ず始めに回転モードが指定されている場合について説明する。回転モードが設定されるとステップ42がYesとなりステップ49に移行する。

【0027】ステップ49においてプロセッサ10はステップ35によって算出された回転量に基づいて基準軸周りの回転量を計算する。ステップ49の実行後、ステップ50に移行する。ステップ50では基準物体を各基準軸周りにそれぞれの回転量だけ回転する。ここで基準物体は立体モデルデータの中央に据えられている状態であるから、その法線ベクトルは、Z軸方向の上向きのベクトル(0,0,1)が設定されている。ステップ35においてX軸周りの回転量 $\theta_x$ が入力されると基準物体の法線ベクトル(0,0,1)を回転量 $\theta_x$ だけ幾何変換する。この幾何変換により、ビューワーにおける基準物体の姿勢は図25(a)に示すように変化する。ステップ50の実行後、ステップ57に移行する。ステップ57では、表裏の見分けがつくように、基準物体の色をXYZ軸における正負毎に色分けする。色分け後図4から図3のメインフローチャートのステップ37に戻る。

【0028】ステップ37のイベント待ちにおいて、メジャーリング処理操作パネル3170の基準物体移動ボタン3176がクリックされると図3のステップ21でYesとなり、再度図4のステップ41まで移行する。回転モードが設定されたのでステップ41でNo、ステップ42でNoとなりステップ43でYesとなる。ステップ43では、基準物体の原点位置座標に移動量を加算する。ビューワー座標系における基準物体の中心座標を(Xa, Ya, Za)とすると、これにステップ35で算出された移動量が新たに加算される。以上のステップ49、ステップ53の処理により、基準物体の位置は図25(b)に示すようにイベント量に応じて自在にスライドする。

【0029】以上のフローチャートの動作により、ポインティングデバイスの操作に応じて基準物体と立体モデルの交叉角度を自由に変化させることができる。またポインティングデバイスによって基準物体を自在にスライドさせることにより、立体モデルの切り口を首周り、胸周り、腰周り等に自在に切り替えることができる。

＜切断モード処理＞切断モードとは、立体モデルデータの断面像をキャンバス上に求めるモードであり、その概略は図5のフローチャートのフローチャートに示されている通りである。

【0030】図3のメインフローにおいて切断モード処理が選択されると、図5のフローチャートのステップ61における断面データ計算処理で基準物体を切り口とした立体モデルデータの断面データを計算し、ステップ62の断面表示処理において計算された断面データに基づいてキャンバス上に断面像を表示する。ステップ63の断面積測定処理において断面データに基づいてその断面積を計算し、ステップ64の輪郭長測定処理においてその断面の輪郭長を測定する。ステップ65の断面積・輪郭長表示ステップにおいて、断面積及び輪郭長を表示する。上記の各処理の詳細については図6～図11のフローチャートを参照して個別に説明する。以降の説明にお

いて基準物体は図23(a)に示したように立体モデルデータの腰周り・右腕・左腕の関節付近に据えられているものとする。

【0031】＜断面データ計算モード＞『断面データ』とは基準物体-立体モデル間の交点と、これらの交点を結ぶ線分列とによって立体モデルの断面を表現した情報である。断面データの算出の手順は図6から図8までのフローチャートで表現される。図6(a)(b)のフローチャートにおいて『断面i』とは基準物体上に得られた複数の断面データのそれぞれを指示する変数である。10 切断モードにおいて実行順序が断面データ計算処理に回ってくると、プロセッサ10はステップ66においてポリゴンメッシュの頂点座標をキャンバス座標系に変換する。ステップ66の実行後ステップ67に移行する。ステップ67では線分のつなぎ合わせ処理を行うため、図6(b)のフローチャートに分岐する。図6(b)のフローチャートのステップ70では『交点同士の連結処理』を行うため図7のフローチャートに分岐し、ステップ81では『線分列の連結処理』を行うため図8のフローチャートに分岐する。

【0032】＜交点同士の連結処理＞『交点同士の連結処理』は、立体モデルと基準物体との交点座標の算出(1)、算出された交点間の線分描画(2)からなる。図7のフローチャートにこれら(1)(2)の処理の手順を示す。本フローチャートのステップ90においてプロセッサ10は、全てのポリゴンについて、以降のステップ91～ステップ95の処理を繰り返すよう制御する。ステップ91はそのポリゴンが有する頂点座標の全ての組み合わせについて、ステップ92～ステップ93の処理を繰り返すよう制御する。

【0033】ステップ92においてプロセッサ10は、ステップ91で選択された組み合わせのZ座標の積(ここでいうZ座標はキャンバス座標系のZ座標である。)が負であるかを判定し、そうである場合はステップ93に移行する。異なればステップ93をスキップする。Z座標の積が負であることはその組み合わせの頂点が、基準物体を介して対向していることを示す。

【0034】基準物体の上側にある頂点同士はZ座標の積が正となるからステップ93はスキップされる。基準物体の下側にある頂点同士もZ座標の積が正となるからスキップされる。基準物体を介して対向している頂点同士はステップ93に移行する。このようにステップ93に移行すると、その組み合わせを結ぶ直線とX-Y平面との交点を求める。ポリゴンメッシュと基準物体の位置関係が図26(a)の説明図の一例に示すものである場合、参照符号P1、P2、P3、P4、P5で指示されたポリゴンメッシュが有する頂点の組み合わせのうち、組み合わせ2601、組み合わせ2602、組み合わせ2603のz座標は正負が判定しているからステップ92がYesとなり、これらの組み合わせの頂点同士を直線

で結ぶ(これを頂点直線という。)。頂点直線は、図26(b)において『X』印に示す位置で基準物体と交わる。これが立体モデルデータと基準物体との交点となる。以上の処理が最後の各ポリゴンメッシュの組み合わせまで繰り返されると、図26(b)に示すように、基準物体上には頂点直線との交点が幾つも表れる。

【0035】ステップ94においてプロセッサ10は1つのポリゴンについて交点が2つ生成したかを判定する。もしそうであればステップ95に移行する。異なればステップ95はスキップされる。ステップ95においてプロセッサ10はその交点を結ぶ線分を生成する。図27の説明図はステップ95実行時の基準物体上の内容を示す。交点y2701、y2702は図26に示したポリゴンメッシュ1の交点であるのでステップ94がYesとなる。同じくy2702、y2703も図26に示したポリゴンメッシュ2の交点であるのでステップ94がYesとなる。これらの交点の組みに対してはステップ95において、図27(b)に示すように交点間に線分を生成する。

20 【0036】＜線分列の連結処理＞『線分列』とは基準物体上の立体モデルの輪郭線を表現するための折れ線であり、図7のフローチャートで生成した線分をつなぎ合わせるにより生成する。図8のフローチャートに『線分列の連結処理』の具体的手順を示す。本フローチャートにおいて『線分i』とは基準物体上の個々の線分を指示するための変数であり、『線分列i』とは線分iを含む線分列を指示するための変数である。図6のフローにおいて『線分列の連結処理』に移行すると、図8のステップ100へと分岐する。ステップ100は線分k(k=30 0,1,2,3,4,5...n)の全てについて、ステップ101～ステップ103の処理を繰り返すよう制御する。ステップ101では、その線分の端点座標と一致する端点を有する線分mが存在するかを判定する。ここで基準物体の線分が図27(b)の説明図の一例に示したy2710である場合、本ステップにおいて、交点y2702を端点とする線分y2711が検出される。線分が検出されたのでステップ102に移行する。一方存在しなければステップ102、103をスキップする。ステップ102では、線分kを含む線分列i(i=0,1,2,3,4,5...n)を検出し、線分mを線分列i(i=0,1,2,3,4,5...n)に連結する。40 以上の処理が最後のポリゴンメッシュまで繰り返されると、図27(c)に示すように基準物体上の線分は折れ線状の線分列に連結する。図27(c)折れ線状の線分列は図23(a)の位置に基準物体を据えたため、基準物体の表示面上に表れる胴体、右腕、左腕の輪郭線である。尚図27(c)においてy2704、y2705、y2706、y2707間は直線で結ばれていない。これは欠損部が基準物体上に表れた結果である。

50 【0037】『線分列の連結処理』を終えると、図6(b)のステップ71に移行する。図6(b)のステッ



ブ71は、基準物体で切断された全ての断面iの全てについて、以降のステップ72～ステップ80の処理を繰り返すよう制御する。ステップ72は、各断面における全ての線分列の全てについて、以降のステップ73～ステップ80の処理を繰り返すよう制御する。

【0038】ステップ73においてプロセッサ10は、線分列の開始点と終了点とが一致しているかを判定する。もし一致していればステップ74に移行してこれを閉じた断面とみなす。図27(c)の交点y2704-交点y2705、交点y2706-交点y2707間のよう  
10 に一致していなければステップ75において最寄りの線分列を探索する。探索で線分列が見つかったら、ステップ76においてプロセッサ10は線分列との距離が所定値以上開いているかを判定する。もしそうであればステップ77に移行する。異なればステップ78に移行する。先ず始めにステップ78に移行した場合について説明する。ステップ78では当該断面i(i=1,2,...n)についての断面フラグFi(i=1,2,...n)を1に設定する。本ステップによるフラグ設定は、その断面iが閉じていない旨  
20 を明示する。一方ステップ76においてNoである場合、ステップ77において最も近い線分と接続し、ステップ80に移行する。同じくステップ74で閉じた断面とみなした場合でもステップ80に移行する。ステップ80では、当該断面i(i=1,2,...n)についての断面フラグFi(i=1,2,...n)を0に設定する。本ステップによるフラグ設定は、断面iが閉じた領域である旨を明示する。以上の処理が基準物体を切り口とした全ての断面について繰り返される。最後の断面の処理が済むと図6(a)における  
30 ステップ68に戻る。ステップ68では、断面データの頂点をキャンバス座標系に変換する。ステップ68の実行後、ステップ69に移行する。ステップ69では、断面の輪郭を作成する。

【0039】＜断面表示処理＞断面表示処理は、線分の連結体として表現された輪郭線を断面像として表現することに主眼を置いている。またキャンバスが複数枚開いている場合や一枚のキャンバス内に複数の断面像が表示されている場合に鑑みて、表示面及びキャンバス内の表示調整も実現している。図9のフローチャートを参照しながら『断面表示処理』の詳細について説明を行う。  
40 ステップ110において、図33に示すロックボタン

(図中ではLockと示している。)をクリックされたかを判定する。ロック(LOCK)とはキャンバスの内容の上書きを禁じることであり、ビューワー内に配されたロックアイコンをクリックされればプロセッサ10はステップ111においてそのキャンバスをロックする。続いてステップ112に移行して、何枚かのキャンバスが既にディスプレイ4に表示されているかを判定する。一枚もキャンバスが無ければステップ115でキャンバスを新たに作成するが、図22の一例のように何枚かのキャンバスが開いていればステップ113に移行する。ステップ1

13では、未ロックのキャンバスが存在するかを判定する。未ロック状態のキャンバスがあればステップ114に移行する。ここで全キャンバスがロックされていればステップ124に移行して、何れかのキャンバスのロックを開放する旨のエラーメッセージを表示する。

【0040】未ロックのキャンバスが一つでも存在する場合、ステップ114においてそれを選択する。ステップ116では、選択したキャンバス内に断面が表示されているかを判定する。もし表示されていればステップ117において最大サイズを持つ断面を求め、ステップ118においてキャンバスの大きさをもとに最大サイズの断面を縮小する。続いてステップ119に移行して、同縮小率で残りの断面を縮小する。このような縮小によってキャンバス内に複数の断面が均等に配される。更にキャンバス間で複数の断面が等倍率で表示される。

【0041】このようにキャンバス内に複数の断面を配すると、ステップ121にて各断面についての断面フラグFiを参照する。もし輪郭線が閉じた断面であればステップ122に移行して『薄緑色』で断面内部を塗り潰す。この塗り潰しは、既存のグラフィックスシステムで  
20 実現されている色彩変換アルゴリズムで簡易に実現される。図33(a)においてビューワー3311内に基準物体が参照符号3320で指示する位置に配されて立体モデル3332と交叉しているものとする。ここで立体モデル3332の断面が開いていれば、キャンバスには『薄緑色』で内部が塗り潰された断面像が表示される。

【0042】もし輪郭線が開いた断面であればステップ123に移行して、同図(b)示すように『黄色』で断面を示す交線を表示する。これは上記の色彩変換アルゴリズムで輪郭線が開いている断面内を塗り潰そうとすると断面外の部分をも誤って塗り潰してしまうからである。これを防止するため、本ステップでは基準物体の交線を異なる色で描画するのみに留めている。図33

(a)においてビューワー3311内に基準物体が参照符号3320で指示する位置に配されて測定対象3332と交叉しているものとする。ここで測定対象3332の断面が開いていれば、キャンバスには輪郭線が『黄色』で描画された断面像が表示される。またキャンバス内の座標軸(これはビューワーのXY軸に対応する)を基準物体と同じ色で表示することで、ビューワー上の切断面がキャンバス上でどの向きに表示されるかを操作者に知らせる。即ちキャンバスにおける基準物体のXY軸の正の部分の色をビューワーにおける基準物体のXY軸の正の部分の色に一致させ、キャンバスにおける基準物体のXY軸の負の部分の色を、ビューワーにおける基準物体のXY軸の負の部分の色に一致させる。尚本実施形態では、断面面積の総和を得たが、個々の断面面積を表示しても構わない。

【0043】＜断面積測定処理＞『断面積測定処理』では、基準物体における断面積を多角形近似で計算する。  
50

当該多角形は図7のフローチャートにより基準物体上に得られた複数の交点を頂点とした図形であり、図10のフローチャートは断面を近似した多角形の面積計算を行う。

【0044】図10のフローチャートにおいて『断面積Sum』とは多角形を構成する個々の三角形を格納するための変数であり、『総面積S』とは基準物体上の断面積の総和を格納するための変数である。本フローチャートのステップ131は初期化ステップであり、総面積Sを0に設定する。ステップ132は基準物体によって生成した全ての断面について以降のステップ133～ステップ137の処理を繰り返すよう制御する。ステップ133は初期化ステップであり、プロセッサ10は断面積Sumを0に設定する。ステップ134は隣り合う交点の組み合わせの全てについてステップ135～ステップ136の処理を繰り返すよう制御する。ステップ135においてプロセッサ10は、一の組み合わせの外積を計算する。図28(a)に一例を示した交点が算出されている場合、これらを頂点として外積演算が実行される。キャンバスにおける原点から基準物体上の2つの交点Pn1, Pn2へと向かうベクトルを求めて、ベクトルOPn1, OPn2の外積を求める。尚この外積計算はベクトル演算であるからその結果には負の符号が付された場合が存在する。

【0045】ステップ135の実行後、ステップ136に移行する。ステップ136においてプロセッサ10はベクトルOPn1, OPn2の外積の絶対値をとりこれを2で割って断面積Sumに加算する。以上のステップ135～ステップ136の手順を一の断面の全ての組み合わせについて繰り返す。この繰り返しにより互いに隣り合う交点と原点とからなる三角形の面積を積算されてゆく。図28(a)の一例で言うと、面積Sum1+Sum2+Sum3+...+Sum6の総和が算出されておりステップ136によって面積Sum7が新たに算出された場合、この総和値にSum7が加算される。

【0046】上記の繰り返しが終わりの断面についての断面積Sumが求まると、ステップ137においてこれを総面積Sに加算する。以上の処理が最後の組み合わせまで繰り返されて基準物体を切り口とした断面積を得る。尚本実施形態では、断面積の総和を得たが、個々の断面積を表示しても構わない。

<輪郭長測定処理>『輪郭長測定』では、断面の輪郭長を折れ線長(線分列長)に近似して計算する。図11のフローチャートは、この線分列長を計数してゆく手順を示す。図11のフローチャートにおいて、『輪郭長LEN』とは交点間の距離を輪郭長として格納するための変数であり、『総輪郭長L』とは輪郭長LENの総和を格納するための変数である。『輪郭長測定処理』に実行順序が回ってくると、プロセッサ10はステップ140において総輪郭長Lを0に設定する。プロセッサ10はステップ141では基準物体によって生成した全ての断面の全

てについて、以降のステップ142～ステップ147の処理を繰り返すよう制御する。ステップ142では、輪郭長Lenを0に設定し、ステップ143では、隣り合う交点の組み合わせの全てについて、以降のステップ144の処理を繰り返すよう制御する。ステップ144ではプロセッサ10は、その組み合わせ間の距離を算出し、輪郭長Lenに加算する。以上の処理が断面における最後の組み合わせまで繰り返される。例えば図28(b)の一例で言うと、Len1+Len2+Len3+Len4というように次々と線分長が加算されてゆく。

【0047】ステップ143によるループ処理を終えると、ステップ145においてプロセッサ10はその輪郭線の始点・終点が一致しているかを判定する。もし不一致ならば始点・終点間の距離を輪郭長Lenに加算する。勿論始点・終点間の距離を加算しない交線長を断面の特徴量として求めても構わない。たとえ開いた断面であっても、この始点・終点間の距離により輪郭長が算出される。ステップ146の実行後、ステップ147に移行する。ステップ147においてプロセッサ10は算出された輪郭長Lenを総輪郭長Lに加算する。以上の処理が最後の断面まで繰り返される。最後の断面について輪郭長が算出されると、図10のフローチャートで算出された断面積及び輪郭長をメジャーリング処理操作パネル3170の断面積・輪郭長ゲージ3185に有効数字4桁で表示して切断モード処理を終える。

【0048】<距離モード測定処理>距離モードとは、立体モデルデータが置かれた三次元空間における所望の位置間の距離を測定するためのモードである。三次元空間における距離には、次に説明する二通りのものが存在する。1つ目は2点間の直線距離のことであり、2つ目は立体モデルデータの表面を沿った経路長である。前者の算出は簡易に行えるが、後者の算出は困難である。何故なら立体モデルの表面を沿う経路には何百通り何千通りのものが存在するからである。本システムにおける表面上経路の特定法には、ビューワーによって経路を特定する方法(1)、キャンバスによって経路を特定する方法(2)の2種類のものが存在する。後者(2)の方法は、上述した切断モードのように立体モデルデータの所望の位置に基準物体を置き、基準物体上の経路長を操作者に指定させることが必要となる。

【0049】図12に示す距離モード測定処理のフローチャートでは、ステップ157において基準物体の位置及び方向を計算し、ステップ158において計算された位置及び方向に基準物体を据えた基準物体を表示する。ステップ61において位置及び方向に基準物体を据えた場合の立体モデルの切り口の断面データを計算する。これらの手順は、上述した『基準物体表示モード処理』『切断モード処理』の手順に準拠している。以上により所望の姿勢の断面データが計算されると、ステップ150～ステップ156からなる三点入力受け付け処理モー

ド或は二点受け付け処理モードを実行する。これらの処理を実行した後、ステップ156において入力された3点から構成される経路長を測定し、ステップ157において測定された経路を表示する。ステップ158において測定された経路長を操作パネル3170の直線距離・表面距離ゲージ3186に表示する。

【0050】＜2点入力モード・3点入力モードの切り替え＞『2点入力モード・3点入力モードの切り替え』は、三次元空間の直線距離計算と立体モデル上の平面距離計算とを切り換えるために行われる。図12のステップ150においてプロセッサ10は3点入力モードが設定されているか或は2点入力モードが設定されているかを判定する。2点入力モードが設定されている場合プロセッサ10は、ステップ153及びステップ154において、2点入力の受け付けを行う。2点が入力されると、プロセッサ10はステップ155において入力された二点間の直線距離を計算し、メジャーリング処理操作パネル3170の直線距離・表面距離ゲージ3186に表示する。

【0051】3点入力モードが設定されていればステップ151に移行する。ステップ151においてプロセッサ10はキャンバス或はビューワーに対して三回のクリックが既になされているかを判定する。もしなされてなければステップ156に移行するがなされてなければ3点入力受け付け処理を実行すべくステップ152に移行する。

【0052】＜3点入力受け付け処理＞3点入力受け付け処理は、キャンバスによって経路を特定する方法(1)、ビューワーによって経路を特定する方法(2)から構成される。前者のフローチャートを図13に示し、後者のフローチャートを図14に示す。図13のフローチャートを参照しながらキャンバスを用いての三点入力受け付け処理について説明する。本フローチャートに移行すると、プロセッサ10はステップ191におけるイベント待機状態になる。ここでマウスがクリックされればステップ191からステップ170へと移行する。ステップ170ではクリック位置がキャンバスの内側であるか外側であるかを判定する。クリック位置と表示面との位置関係はGUIシステム7によって管轄されており、プロセッサ10はGUIシステム7に問い合わせることによりこれの内外判定を行う。キャンバス内がクリックされればステップ170に移行する。カーソルで指示された場所がキャンバス内であればステップ170からステップ171～ステップ173の判定ステップの羅列に移行する。この羅列において何れかのステップで『Yes』になれば、ステップ174、ステップ180、ステップ186のうち何れかが選択的に実行される。

【0053】ステップ171ではCANVASカウンタの計数値が0か否かを判定する。ステップ172ではCANVASカウンタの計数値が1であるかを判定し、ステップ172

ではCANVASカウンタの計数値が2であるかを判定する。CANVASカウンタとは、キャンバスに対するこれまでのクリック回数を計数するためのカウンターであり、現在の計数値が0であるとステップ174に移行する。

【0054】ステップ174においてプロセッサ10は、クリック位置からキャンバス座標系における開始点座標を検出し、ステップ175では開始点座標に開始点をプロットする。キャンバスが図34(b)の説明図の一例に示したものであり、輪郭線がクリックされた場合、ステップ174によってカーソルで指示された輪郭線上のこの一点が検出される。検出された箇所に図34(b)に示すように、開始点3451がプロットされる。プロット後ステップ176に移行する。プロセッサ10はステップ176において開始点座標をビューワー座標系に変換する。変換後ステップ177においてビューワー座標系における開始点座標に開始点をプロットする。このプロットにより図34(a)に示すようにビューワー内においても開始点3451が表れる。ステップ178ではPOPUP指示1を表示し、ステップ179ではCANVASカウンタをインクリメントする。POPUP指示1の内容を図35(a)に示す。図35(a)からもわかるようにPOPUP指示1はキャンバスに対する二点目の入力を操作者に仰ぐメッセージである。図35に示すように本システムでは他にもキャンバスに対する三点目の入力を仰ぐPOPUP指示2(図35(b))、ビューワーに対する二点目～三点目の入力を操作者に仰ぐPOPUP指示3、POPUP指示4が等が用意されている(図35(c)(d))。

【0055】以上のステップ174～ステップ179の処理が終わるとステップ191に移行し、二点目～三点目の入力待ちとなる。ここでキャンバス内に二点目がクリックされるとステップ180～ステップ185の処理が行われ、キャンバス内で三点目がクリックされるとステップ180～ステップ185の処理が行われる。ステップ180～ステップ185の処理は、開始点についての処理を終了点についての処理に置き換えたに過ぎない。終了点を入力すると、基準物体上の輪郭線には2つの経路が表れる。2つの経路のうち一方をクリックするとステップ186～ステップ190の処理に移行する。ステップ186～ステップ190の処理はそのクリックされた位置を通過点として検出する。上記2つの経路のうち、通過点検出された側が距離計算の対象となる。尚ステップ186～ステップ190の処理はCANVASカウンタをリセットする点を除いて(ステップ190)、開始点についての処理を通過点についての処理に置き換えたに過ぎない。

【0056】以上のステップ180～ステップ185、ステップ186～ステップ190が実行されると、図34(b)に示すようにキャンバス内には終了点3452、通過点3453がプロットされる。キャンバスに対

するプロットにより操作者は測定したい経路を正確に指定することができる。同様にビューワー内にも終了点3452、通過点3453をプロットする。このビューワー内の表示により、カーソルで指定した位置が立体モデルデータのどの部分であるかを視覚的に確認することができる。

【0057】尚操作者がビューワーに対してクリックした場合図13のステップ170がNoとなり、図14のステップ200、ステップ201がYesとなりステップ206に移行する。ステップ206においてビューワー系マッピング情報を手掛かりにしてクリック箇所から立体モデルデータ上における開始点位置を特定する。ビューワー系マッピング情報とは、ビューワー上のXY座標が立体モデルデータのどの部分に相当するかを対応づけた情報である。もしビューワー上の位置がクリックされればこのビューワー系マッピング情報を手掛かりにして開始点の三次元座標を決定する。同様にステップ207～ステップ208において終了点、通過点をプロットする。以上のプロットが行われると、ステップ209においてビューワー系座標におけるこれらの三点座標を通過するように基準物体を配す。具体的にゆくと、開始点から終了点に向かう方向に基準物体のX軸を配し、開始点-終了点の midpoint から通過点に向かう方向に基準物体のY軸を配する。

【0058】<経路長測定処理>経路長測定は、開始点から通過点を経て終了点に至るまでの線分長を積算することにより簡易になされる。図15のフローチャートを参照しながら経路長測定処理について説明する。本フローチャートにおいて『経路長Len』とは開始、終了点、通過点からなる経路の長さを格納するための変数である。本フローチャートに処理が移行すると、プロセッサ10はステップ210において経路長Lenに0を代入することにより、これを初期化する。プロセッサ10は続いてステップ211において開始点・終了点・通過点を含む線分列を求める。開始点・終了点・通過点が図34

(b)の説明図の一例に示したものである場合、参照符号3453で指示する輪郭線上の参照符号3451、3453、3452で指示された点を通過する経路が求まる。このように経路が求まったのでステップ212に移行する。ステップ212は、ステップ213の処理を開始点から終了点まで繰り返すよう制御する。ステップ213においてプロセッサ10はではその組み合わせ間の距離を算出し、経路長Lenに加算する。この処理を開始点から終了点までの全ての交点について繰り返すと、図13のフローチャートにおいてカーソルで指示された3点を通る経路長が測定される。

【0059】<経路表示処理>経路表示処理のフローチャートを図16に示す。図16における経路表示処理の手順は図9に示した開始点・通過点・終了点からなる経路を色分けする以外は断面表示のものと大差は無い。ス

テップ223においてキャンパス内において、指定された経路は他の線画とは異なった太さ又は色で表示する。またビューワー内において指定された経路を他の線画とは異なった太さ又は色で表示する。そして計算した経路長を直線距離・表面距離ゲージ3186に有効数字4桁で表示して距離モード処理を終える。

【0060】<体積モード処理>図17のフローチャートを参照しながら体積モードについて説明を行う。本フローチャートに移行するとステップ230において、オイラー多面体定理を用いて立体モデルデータの欠損検査を行う。オイラー多面体定理は、欠損の無い多面体において(面の個数)+(頂点の個数)=(辺の個数)+2の関係が成立することを示す。欠損検査の方法には他にもポリゴンメッシュにおける頂点の接続をチェックする方法もある。

【0061】上記の欠損検査を行うのは、欠損の存否に応じて体積の演算の手順を切り替えるためである。即ち欠損が無ければ高速演算で体積を求め、欠損があれば速度を犠牲にして演算精度を優先する。尚本実施形態では、自動的にアルゴリズムが切替わるようになっているが、判定結果を表示して手動で切替えるようにしてもよい。この場合、欠損の有無を判定し、判定結果を表示して、判定結果の表示後に操作者による体積の演算の手順の切替えを受け付けばよい。

【0062】<多面体近似による体積計算(無欠損時)>立体モデルが無欠損である場合は『多面体近似』で体積計算を行う。ここでゆう多面体は、ビューワー系座標における原点と、立体モデルの頂点とから形成される多面体でありその形状を図38(c)(e)に示す。図38(c)の多面体はビューワー系座標における原点と、図38(a)に示す立体モデルの表側頂点とから構成され、図38(e)の多面体はビューワー系座標における原点と、図38(a)に示す立体モデルの裏側頂点とから構成される。図38(a)の立体モデルの表側とはビューワー座標系における原点から見て立体モデルデータの表面のうち頂点T1,T2,T3,T4より手前側をいい、裏側とは立体モデルデータの表面のうち頂点T1,T2,T3,T4より背後側をいう。このような表裏の多面体の体積を計算し更に差分をとることにより、立体モデルの体積は計算される。

【0063】ステップ230の検査によって無欠損であることが証明されればステップ231を介して図36のステップ500に移行する。図36のフローチャートにおいて『体積V』とは、ポリゴンメッシュの3頂点と原点とから構成される四面体の体積を格納するための変数である。『体積Vol1』及び『体積Vol2』は『体積V』に格納された体積の総和をとるための変数である。本フローチャートの手順を図38(a)の立体モデルを対象にして説明する。

【0064】プロセッサ10はステップ500において

ポリゴンメッシュを三角形に分割し、体積Vol1を0に設定する。続いてステップ502において、表側の全てのポリゴンメッシュについてステップ503～ステップ506の処理を繰り返すよう制御する。プロセッサ10はステップ503においてビューワー系の原点0から三角形ポリゴンメッシュN1,N2,N3へと向かうベクトルを算出する。算出後、プロセッサ10はステップ504においてベクトルON1,ベクトルON2,ベクトルON3の三重積を算出する。ステップ505でその三重積の絶対値をとって6で割ることにより、四面体ON1,N2,N3の体積Vを算出する。本ステップにより図38(b)に示す四面体ON1,N2,N3の体積Vが算出される。ステップ506では、算出した体積Vを体積Vol1に加算する。ステップ502によりこれらの処理が表側の全てのポリゴンメッシュについて繰り返されると、図38(c)に示す原点と頂点T1,T2,T3,T4,T5,T6とからなる立体の体積が求まる。

【0065】ステップ507は、裏側の全てのポリゴンメッシュについてステップ508～ステップ511の処理を繰り返すよう制御する。プロセッサ10はステップ508においてビューワー系の原点0から三角形ポリゴンメッシュN4,N5,N6へと向かうベクトルを算出する。算出後、ステップ509においてベクトルON4,ベクトルON5,ベクトルON6の三重積を算出し、その三重積の絶対値をとって6で割ることにより、四面体ON4,N5,N6の体積Vを算出する。本ステップにより図38(d)に示す四面体の体積が算出される。ステップ510では、算出した体積Vを体積Vol2に加算する。ステップ507によりこれらの処理が裏側の全てのポリゴンメッシュについて繰り返されると、図38(e)に示すように、原点と頂点T1,T2,T3,T4,T7,T8とからなる立体の体積が求まる。

【0066】ステップ512では、体積Vol2から体積Vol1を減ずる。これにより図38(a)に示した立体モデルデータの体積が算出される。算出した体積をステップ260において、メジャーリング処理操作パネル3170の体積ゲージ3182に表示する。

＜多面体近似による体積計算の危険性＞欠損が存在する立体モデルデータに対して図36の手順で体積を算出すると理論値をかけ離れてしまう恐れがある。図29を用いてこれの原因を説明する。図29(a)の立体モデルデータの体積を測定する場合において図29(b)に示すように対向しあうポリゴンメッシュが存在していれば裏側・表側の四面体体積の差分をとることにより立体モデルデータ体積を測定することが可能となる。ところが図29(c)においてポリゴンメッシュN4,N5,N6に相当する部分が欠損している場合、上記の図36の手順では、四面体ON1,N2,N3を立体モデルデータの1部として計算してしまう。このように本来立体モデルデータに含まれていない部分が体積に計上されると、体積が理論値をかけ離れてしまう。そこで本実施形態では欠損有と判

定した場合に体積算出の手順を図17のステップ232～ステップ238の手順に切り換える。

【0067】＜平面体近似による体積算出＞立体モデルに欠損が存在する場合は、平面体近似により体積算出を行う。ここでいう平面体とは微小値 $\Delta z$ でZ軸方向に立体モデルをスライスすることにより生成する複数のものをいい、その一例を図30(a)に示す。個々の平面体は基準物体によりスライスされ、その断面は断面データとして表現される。またその面積は図10に示した断面積測定処理で算出される。

【0068】ステップ232～ステップ236において『幅 $\Delta z$ 』とは基準物体によってスライスされた立体モデルデータに与えられる微小幅であり、『体積Vol』とは『幅 $\Delta z$ 』分の立体モデルデータの体積を格納するための変数である。ステップ232においてプロセッサ10は基準物体を立体モデルデータの底に置き、ステップ233において体積Volに0を設定する。ステップ234では、ステップ235～ステップ238の処理を立体モデルデータの高さ分繰り返すよう制御する。ステップ235においてプロセッサ10は断面データを計算する。断面データは、図6～図8のフローチャートの手順を踏まえることにより算出される。ステップ235の実行後、ステップ236に移行する。ステップ236においてプロセッサ10は断面積を計算する。断面積計算も図10のフローチャートの手順を踏まえることにより算出される。図10のフローチャートは断面積を多角形近似で算出するものである。多角形近似では立体モデル表面に欠損が生じていても、この欠損している箇所が元々存在しないものとして三角形で近似する。図30の一例で言うと頂点の欠損により本来ある管の交点(図中では○印を付して表現している)が基準物体上に存在しない場合でも、ここを含まない三角形の面積(斜線部参照)を断面積に計上する。

【0069】ステップ236の実行後、ステップ237に移行する。ステップ237では、Z軸正方向に幅 $\Delta z$ だけ基準物体をスライドする。スライド後ステップ238において、体積Vol+断面積×幅 $\Delta z$ の計算を行い、その結果を体積Volに代入する。以上の処理により立体モデルデータは厚み $\Delta$ の複数の板体にスライスされ、個々の板体の体積が断面積×幅 $\Delta z$ の演算によって求まる。図30に示すようにZ軸方向の体積の総和がとられてこれが立体モデルデータの体積として出力される。立体モデルデータの体積を体積ゲージ3182に有効数字4桁で表示して体積モード処理を終える。

【0070】＜重心位置モード処理＞図18のフローチャートを参照しながら重心位置モード処理について説明を行う。本フローチャートに移行すると図18のステップ250において、オイラー多面体定理を用いて立体モデルデータの欠損検査を行う。具体的な検査内容は図17のステップ230のものと同一であるから詳細説明は



省略する。ステップ251で無欠損と判定されると図37のフローチャートに分岐する。

【0071】無欠損時の処理を図39(a)の立体モデルデータを対象にして説明する。本フローチャートにおいて『重心 $W_n$ 』とはポリゴンメッシュの3頂点と原点とから構成される四面体の重心位置を格納するための変数である。『加重和 $Wgt1$ 』『加重和 $Wgt2$ 』とは『重心 $W_n$ 』に格納された重心の加重和をとるための変数である。『体積和 $Vsum1$ 』『体積和 $Vsum2$ 』とは四面体の体積の総和をとるための変数である。図39と同様、図38(a)において表側とは、立体モデルデータの表面のうち原点からみて頂点 $T1, T2, T3, T4$ より手前側をいい、裏側とは、立体モデルデータの表面のうち頂点 $T1, T2, T3, T4$ より背後側をいう。

【0072】ステップ531に移行すると、ポリゴンメッシュを三角形に分割する。ステップ531の実行後、ステップ550に移行し、加重和 $Wgt1$ 、 $Wgt2$ に0を設定し、ステップ544において体積和 $Vsum1$ 、 $Vsum2$ を0に設定する。ステップ532は、表側の全てのポリゴンメッシュについてステップ533～ステップ536、ステップ551の処理を繰り返すよう制御する。ステップ533では、ビューワー系の原点0から三角形ポリゴンメッシュ $N1, N2, N3$ へと向かうベクトルを算出し、ステップ534では、四面体 $ON1N2N3$ の重心 $W_n$ を算出する。

【0073】3頂点の座標が $(x_i, y_i, z_i)$  ( $i=1, 2, 3$ )である四面体の重心位置は、 $(x1+x2+x3/3, y1+y2+y3/3, z1+z2+z3/3)$ という計算で算出される。このような計算を行うことにより図39(b)に示す重心位置 $W1$ が算出される。ステップ535では四面体 $ON1N2N3$ の体積 $V1$ を算出し、ステップ536では、重心 $W_n$ と体積 $V1$ とを乗じてこれを加重和 $Wgt1$ に加算する。ステップ551では、体積 $Vsum1$ の値に体積 $V1$ の値を加算し、体積 $sum1$ に代入する。以上のステップ533～ステップ536、ステップ551の処理は表側の全てのポリゴンメッシュについて繰り返される。この繰り返しにより図39

(c)に示すように、原点と頂点 $T1, T2, T3, T4, T5, T6$ とからなる立体の重心が、体積 $V1$ によって加重されて算出される。

【0074】ステップ538は、裏側の全てのポリゴンメッシュについてステップ539～ステップ542、ステップ552の処理を繰り返すよう制御する。ステップ539では、ビューワー系の原点0から三角形ポリゴンメッシュ $N4, N5, N6$ へと向かうベクトルを算出し、ステップ540では、四面体 $ON4N5N6$ の重心 $W_n$ を算出する。ステップ541では四面体 $ON4N5N6$ の体積 $V$ を算出し、ステップ542では、加重和 $Wgt2$ に重心 $W_n$ と体積 $V2$ とを乗じたものを加算する。ステップ552では、体積 $Vsum2$ の値に体積 $V2$ の値を加算し、体積和 $Vsum2$ に代入する。

【0075】以上のステップ539～ステップ542、ステップ552の処理は裏側の全てのポリゴンメッシュ

について繰り返される。これを繰り返した後、図39

(c)に示すように、原点と頂点 $T1, T2, T3, T4, T7, T8$ とからなる立体の体積が求まる。続いてステップ545で加重和 $Wgt1$ ー加重和 $Wgt2$ の演算を行い立体モデルの重心を得る。最後にステップ543において $(Wgt1-Wgt2) / (Vsum1-Vsum2)$ の演算を行い立体モデルの重心を得る。

【0076】続いて、図18のステップ251において欠損有と判定された場合について説明する。欠損有と判定されると図18のステップ252に移行し、基準物体を立体モデルデータの底に置く。続いてステップ253に移行する。ステップ254は立体モデルデータの高さ分、ステップ255～ステップ258の処理を繰り返すループ機構を制御する。ステップ255においてプロセッサ10は断面データを計算し、ステップ256では断面積を計算する。断面積の計算後、ステップ257に移行し、その断面における重心を計算する。計算後ステップ258に移行し、 $z$ 軸方向に幅 $\Delta z$ だけ基準物体をスライドする。この処理を立体モデルデータの高さ分繰り返すと、プロセッサ10はステップ259において断面積を重みとして重心の加重平均を求める。算出した重心位置をステップ260において、メジャーリング処理操作パネル3170の重心ゲージ3183に有効数字4桁で表示して重心モード処理を終える。

【0077】＜表面積モード＞図19のフローチャートを参照しながら表面積モードについて説明を行う。本フローチャートでは、ステップ271、ステップ275においてポリゴンメッシュを三角形に分割する。ステップ244において分割された三角形の面積を計算する。当該三角形は、3つの頂点 $Pi, Pj, Pk$ から構成されるので、その面積は $Pi, Pj, Pk$ のベクトル、 $Pi, Pk$ の外積をとることにより求めることができる。

【0078】ステップ271、ステップ274～ステップ276で外積を計算した後、ステップ272に移行する。ステップ272では、求められた面積の総和を求める。続いてステップ273に移行し、この総和を表面積としてメジャーリング処理操作パネル3170の表面積ゲージ3184に有効数字4桁で表示する。以上のように本実施形態によれば、立体モデルとして表現された測定対象の所望の部分の経路長や断面積、体積、重心位置を算出することができる。

【0079】尚本実施形態では測定を光学的に読み取ったが、モデラー等で作成された三次元データを対象にしてもよい。また本実施形態では、立体モデルデータをポリゴンメッシュから構成したが他の形式で立体モデルデータを表現してもよい。具体例を挙げれば、ボクセルデータ、複数の輪郭データ、NURBS等のパラメトリック表現による面データ、CADデータ等がある。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る3次元

データ処理システムによれば、立体モデルを表示しつつ、その立体モデルを切断するための切断平面を指定手段によって移動、回転操作しつつ所望する位置、角度に設定すれば、その切断平面によって切断された立体モデルの切断面が表示されるものであるから、利用者が知りたいと欲する位置、角度での立体モデルの切断面を、切断平面の指定操作一つで得ることができ、医療分野や衣服の縫製技術の分野等における近時の需要に応じることができ、当該分野の作業効率の大幅な向上に貢献するものである。

【0081】この場合、切断平面が指定されると、その切断平面を座標の基準面とする新たな座標系に立体モデルの3次元データを座標変換し、変換後の3次元データのうちデータ切断平面と同一面上のデータを抽出し、立体モデルの切断として表示するようにすれば、切断面のデータは常に座標の基準面上に存在するデータであるため、以後の演算処理が大変簡素になるといった利点がある。

【0082】加えて、3次元データの作製方法によっては、立体モデルとして表示した場合にモデル表面に穴あき部分が存在するといった欠損が含まれることがあるが、本発明では表示すべき切断面に欠損があるかどうか判定し、欠損があった場合には切断結果の表示方法を切り換えるようにしているので、欠損の有無によって夫々最適の表示方法をとることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】三次元データ処理システムの内部構成を示す図である。

【図2】メインモジュール8のフローチャートである。

【図3】メジャーリング処理のメインフローチャートである。

【図4】基準物体表示処理のフローチャートである。

【図5】切断モードの概略を示すフローチャートである。

【図6】断面データ計算処理のフローチャートである。

【図7】『交点同士の連結処理』のフローチャートである。

【図8】『線分列の連結処理』のフローチャートである。

【図9】断面表示処理のフローチャートである。

【図10】断面積測定処理のフローチャートである。

【図11】輪郭長測定処理のフローチャートである。

【図12】距離モード測定処理のフローチャートである。

【図13】3点入力受け付け処理のフローチャートである。

【図14】3点入力受け付け処理のフローチャートである。

【図15】経路長測定処理のフローチャートである。

【図16】経路表示処理のフローチャートである。

【図17】体積モード処理のフローチャートである。

【図18】重心位置モード処理のフローチャートである。

【図19】表面積モード処理のフローチャートである。

【図20】立体モデルと測定対象との関係を示す説明図である。

【図21】立体モデルデータのデータ構造を示す説明図である。

【図22】ディスプレイ4の表示例を示す図である。

10 【図23】ビューワーにおける座標系と、キャンバスにおける座標系との対応関係を示す図である。

【図24】(a) 基準物体の斜視図である。

(b) 基準物体のデータ構造を示す図である。

【図25】(a) 基準物体の姿勢変化を示す図である。

(b) 基準物体の位置のスライドを示す図である。

【図26】(a) ~ (c) 基準物体とポリゴンメッシュとの交点及び交点間の線分を示す図である。

【図27】線分列連結時の基準物体上の内容を示す説明図である。

20 【図28】(a) 基準物体における輪郭長測定処理を示す説明図である。

(b) 基準物体における面積測定処理を示す説明図である。

【図29】(a) ~ (c) 体積測定時における欠損による影響を示す図である。

【図30】(a) (b) 欠損が存在する場合の体積算出の手順を示す図である。

30 【図31】メジャーリング処理操作パネル3170の構成を示す図である。

【図32】回転・移動量入力用パネルを示す図である。

【図33】切断モードにおけるビューワー、キャンバスの表示例を示す図である。

【図34】距離モードにおけるビューワー、キャンバスの表示例を示す図である。

【図35】POPUP指示の一例を示す図である。

【図36】無欠損時における体積算出のフローチャートである。

40 【図37】無欠損時における重心位置算出のフローチャートである。

【図38】(a) ~ (e) 多面体近似による体積算出の手順を示す説明図である。

【図39】(a) ~ (e) 多面体近似による重心位置算出の手順を示す説明図である。

【符号の説明】

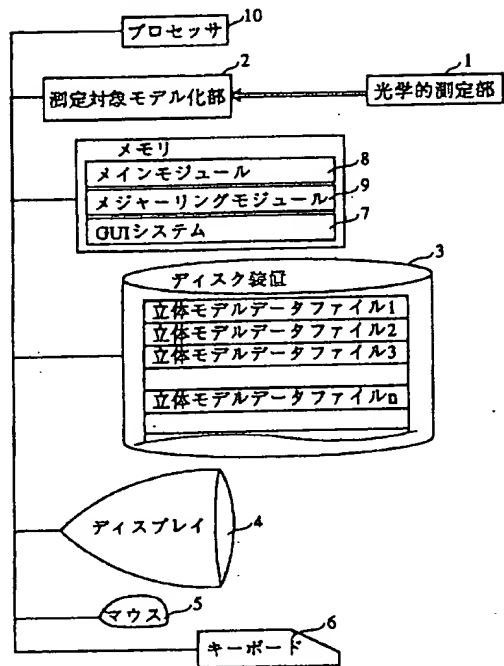
- 1 光学的測定部
- 2 測定対象モデル化部
- 3 ディスク装置
- 4 ディスプレイ
- 50 5 マウス

- 6 キーボード  
7 システム  
8 メインモジュール  
9 メジャーリングモジュール  
10 プロセッサ

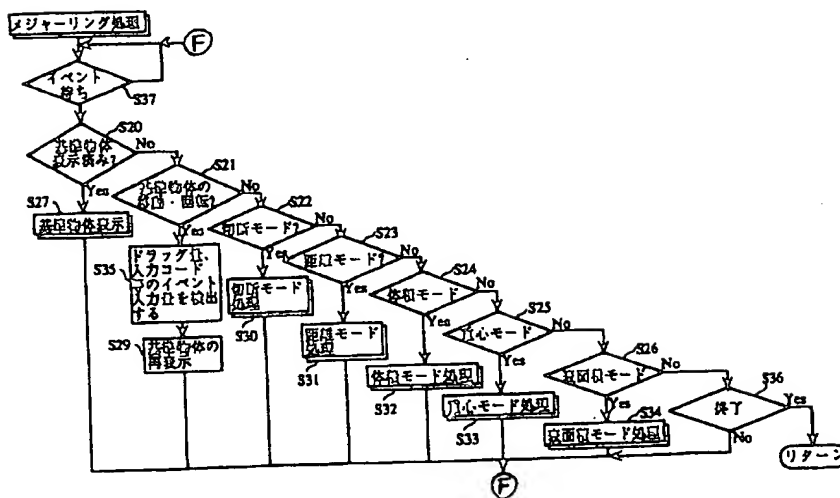
- 9 メジャーリングモジュール  
10 プロセッサ

【図1】

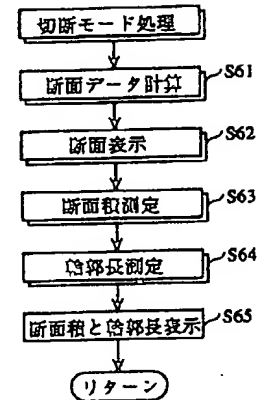
三次元データ処理システム



【図3】



【図5】



【図32】

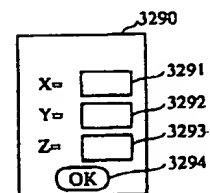
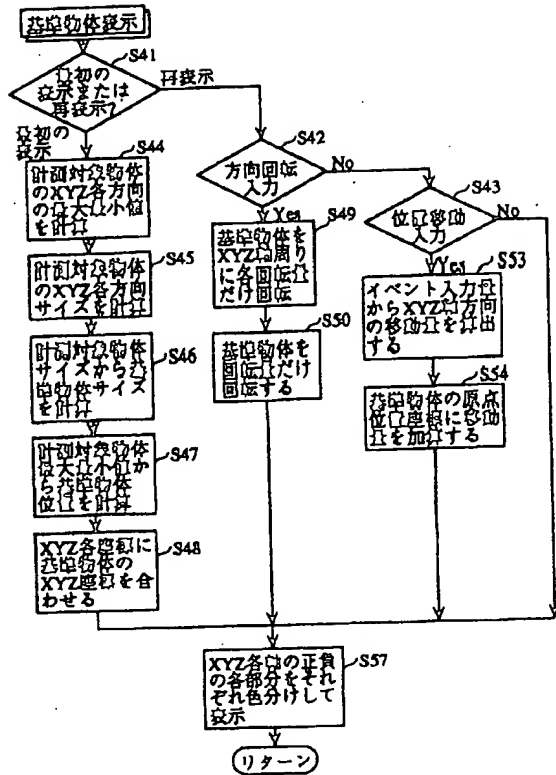


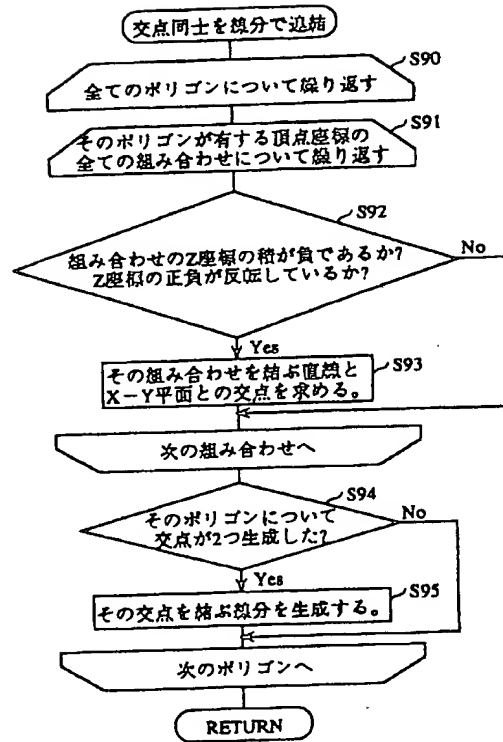
図32 移動仕入力用パネル



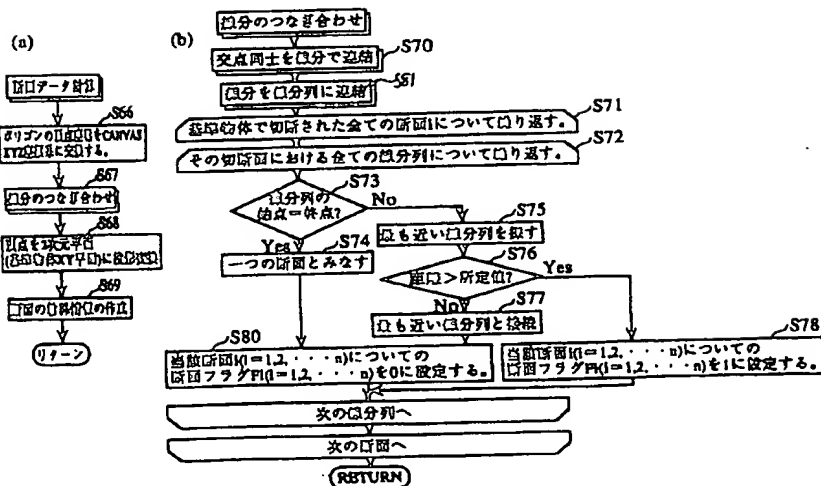
【図4】



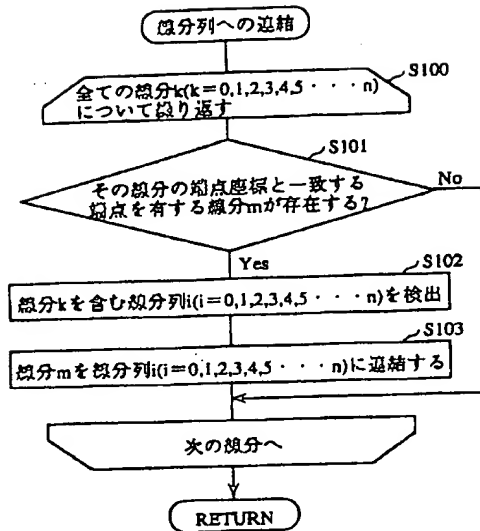
【図7】



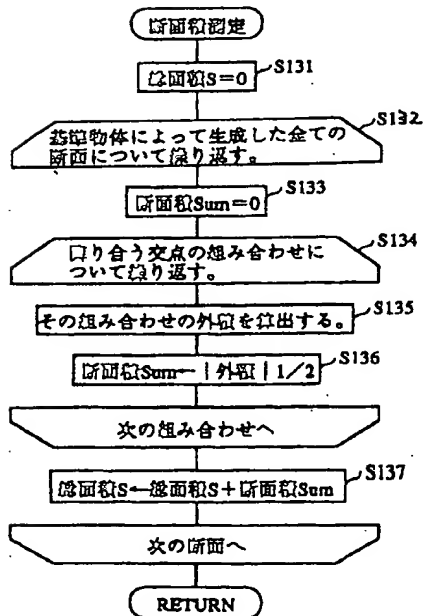
【図6】



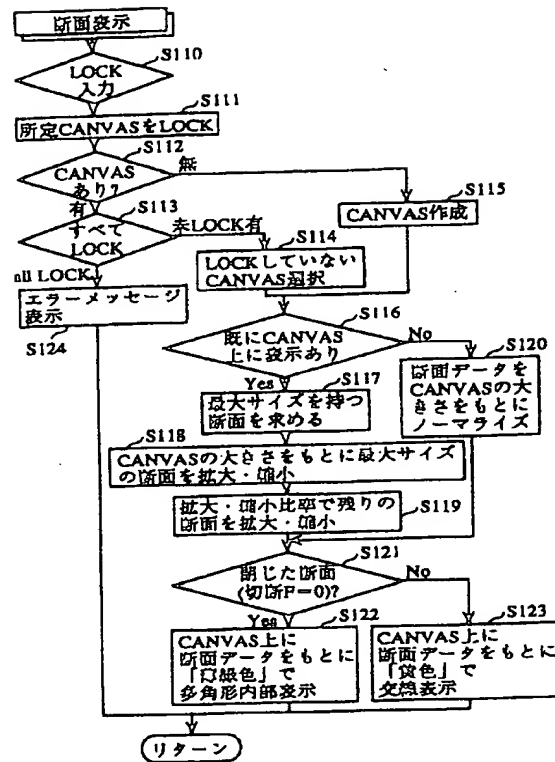
【図8】



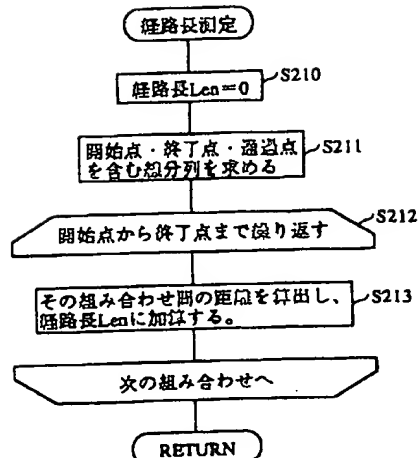
【図10】



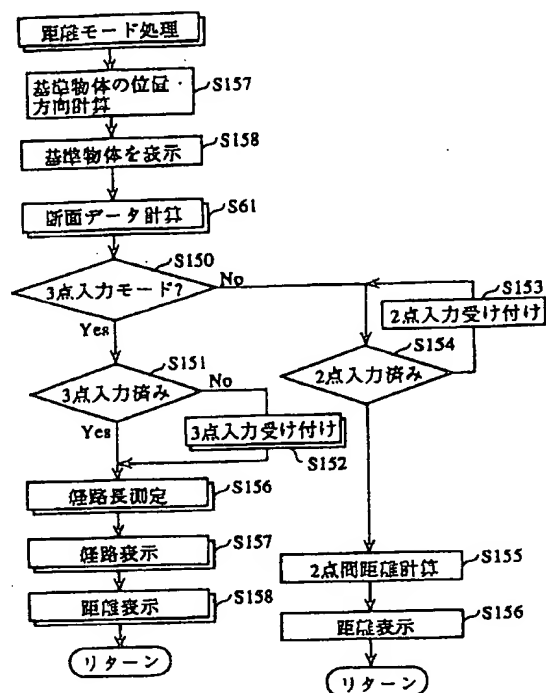
【図9】



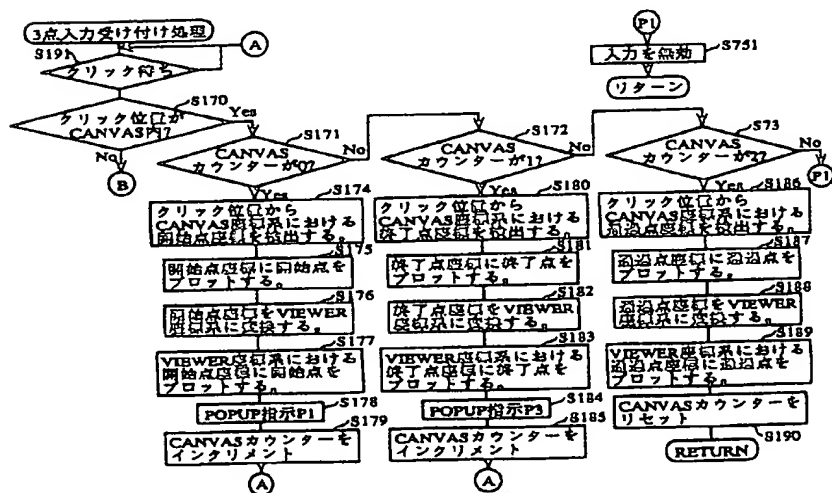
【図15】



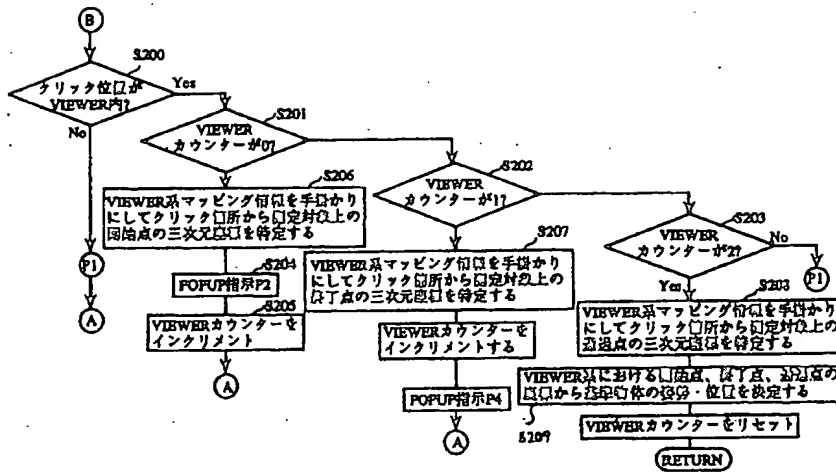
【图 12】



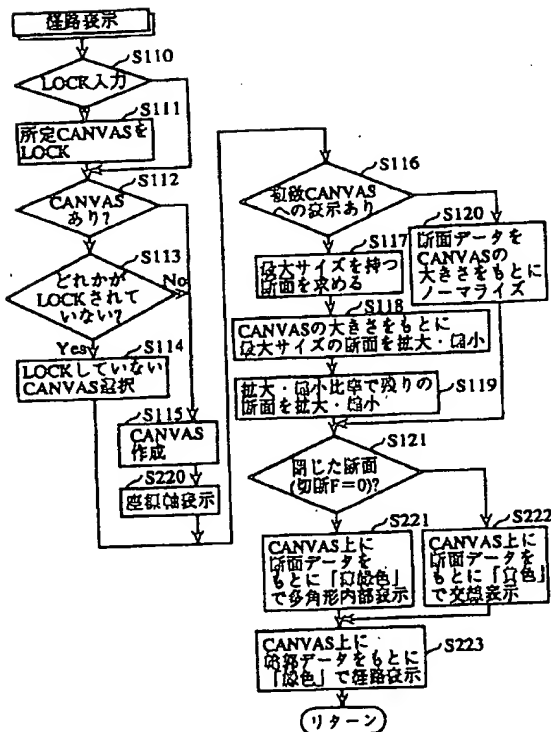
【例 13】



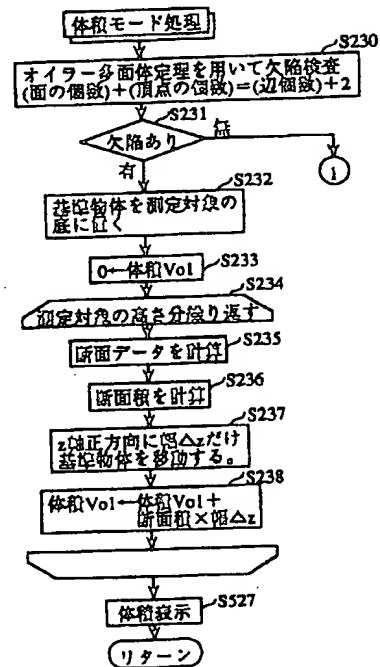
【図14】



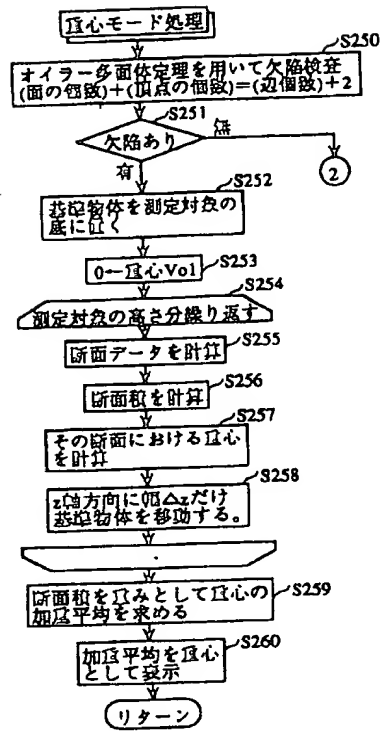
【図16】



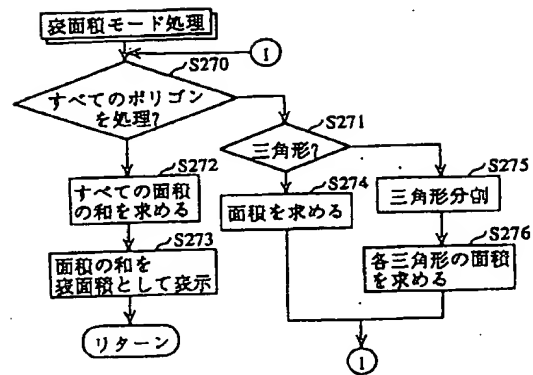
【図17】



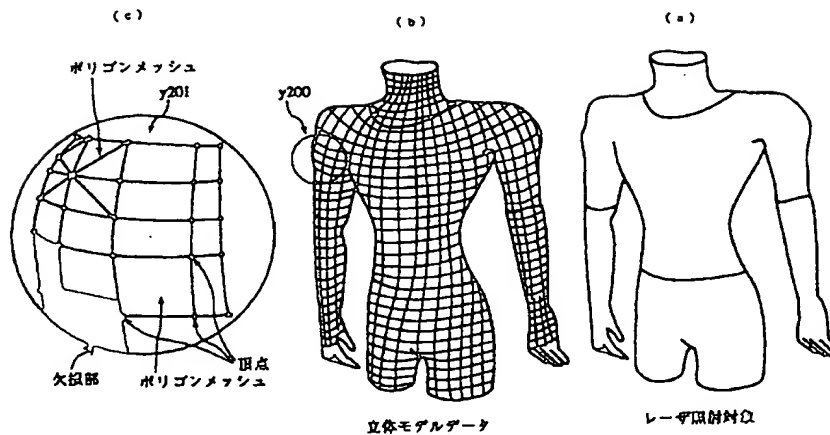
【図18】



【図19】



【図20】

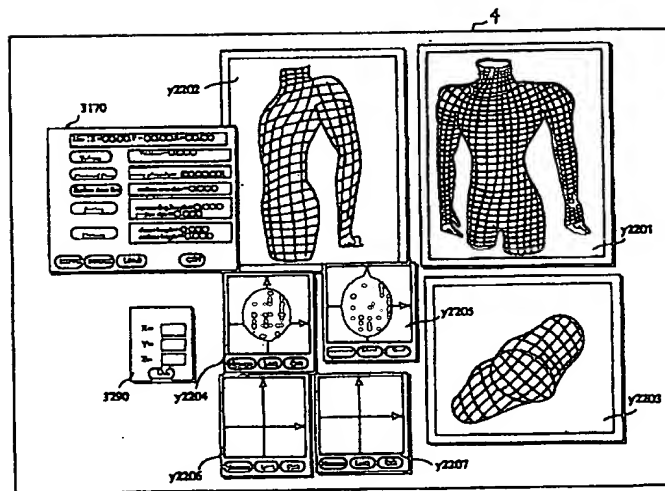


【図 21】

立体モデルデータ

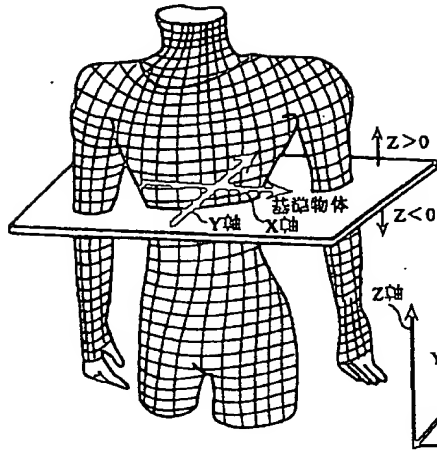
ポリゴンメッシュ	1250 1280					(頂点数N) (ポリゴン数M)
	ポリゴンNo.1	3個	No.41	No.2	No.1	(ポリゴン1の頂点数と頂点の接続)
	ポリゴンNo.2	4個	No.2	No.41	No.42	(ポリゴン2の頂点数と頂点の接続)
	ポリゴンNo.3	4個	No.3	No.42	No.43	(ポリゴン3の頂点数と頂点の接続)
	ポリゴンNo.4	4個	No.4	No.43	No.44	(ポリゴン4の頂点数と頂点の接続)
						以下、M個分のポリゴンのリストが並ぶ
頂点リスト	3個 No.1249 No.40 No.1					(ポリゴンMの頂点数と頂点の接続)
	頂点No.1	(0.961807, -2.390115, 0.208834)				(頂点1の3次元座標)
	頂点No.2	(-0.356732, 2.458620, -0.089080)				(頂点2の3次元座標)
	頂点No.3	(1.211807, -2.332231, 0.208834)				(頂点3の3次元座標)
	頂点No.4	(1.461807, -2.274347, 0.208835)				(頂点4の3次元座標)
		.....				以下、M個分の頂点座標が並ぶ
		(-0.185408, 2.500182, -0.054909)				(頂点Mの3次元座標)

【図 22】

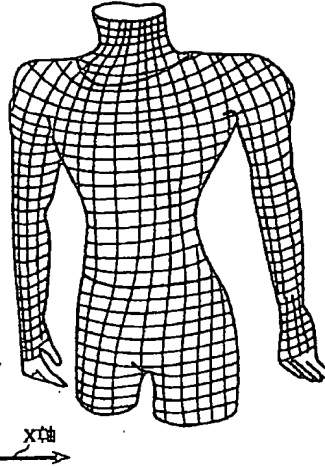


【図 23】

(a) CANVAS系座標

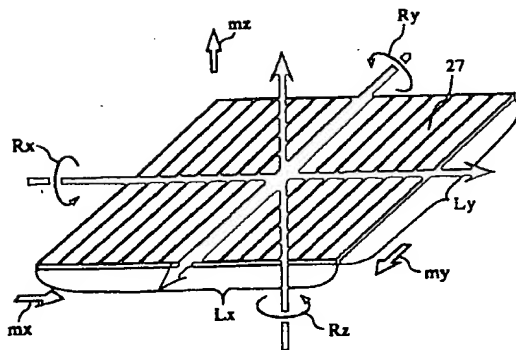


(b) VIEWER系座標



【図 24】

(a)



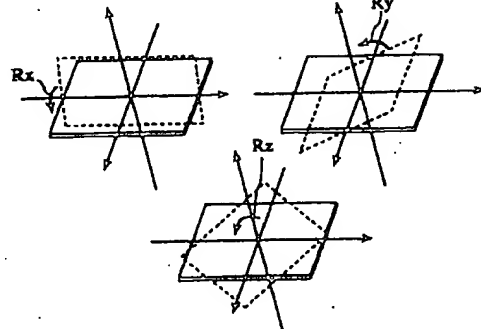
(b)

基礎物体データ	
法線ベクトル(p,q,r)	
対応座標(Xa,Ya,Za)	
回転LX	回転Ly

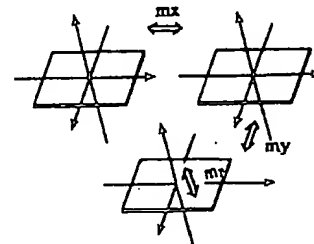
$$pX + qY + rZ = 1$$

【図 25】

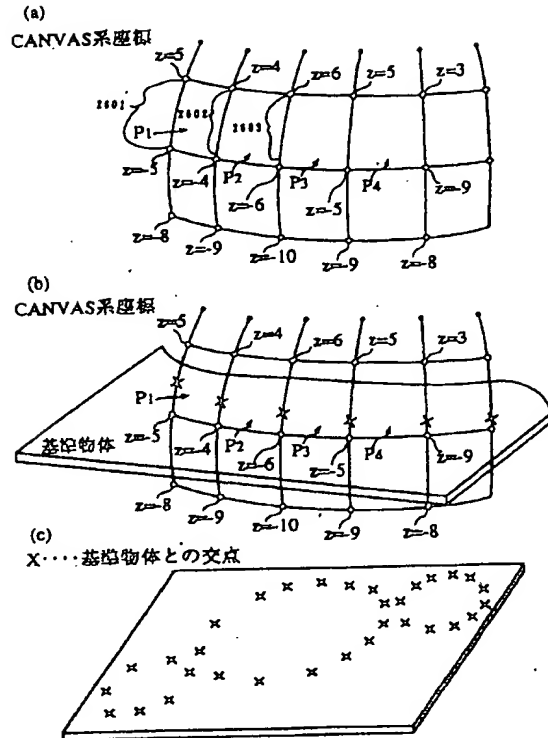
(a)



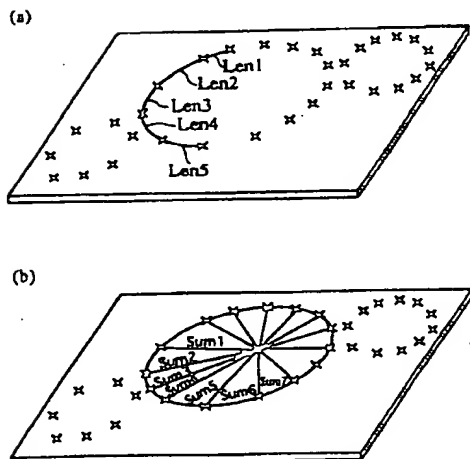
(b)



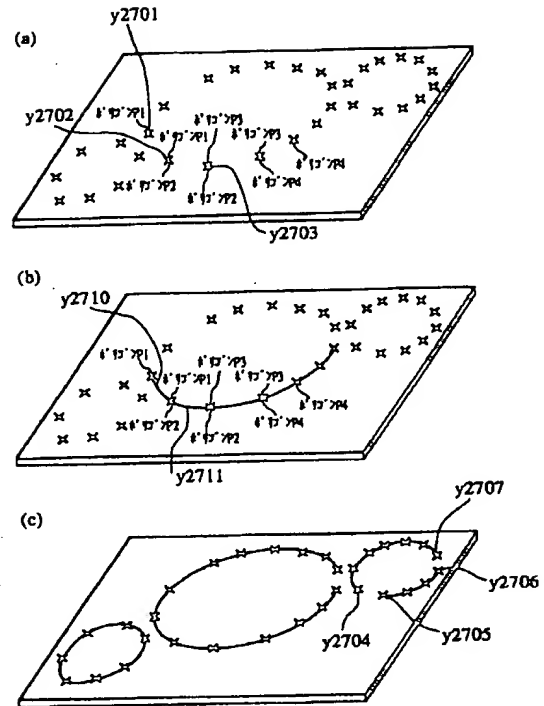
【図 26】



【図 28】



【図 27】



【図 35】

POPUP 指示

P1

Please Input Second Point (on the contour)

P2

Please Select Second Point (of the object)

P3

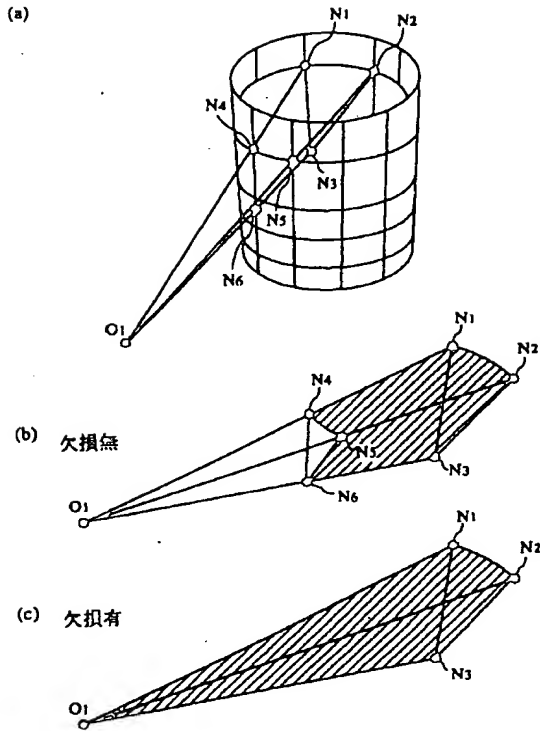
Please Input Third Point (on the contour)

P4

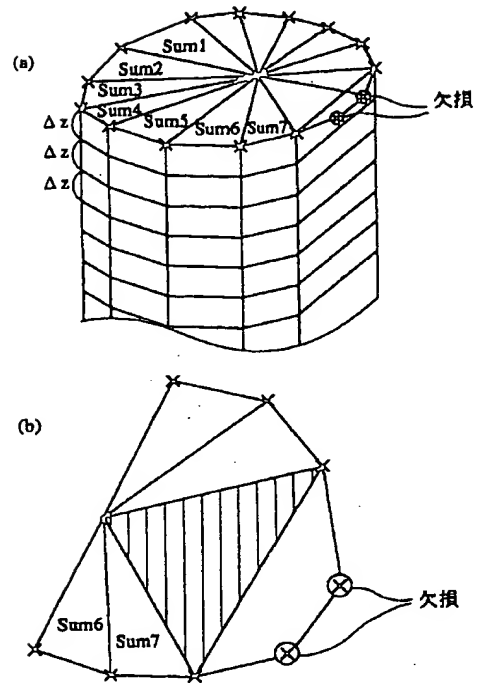
Please Select Third Point (of the object)



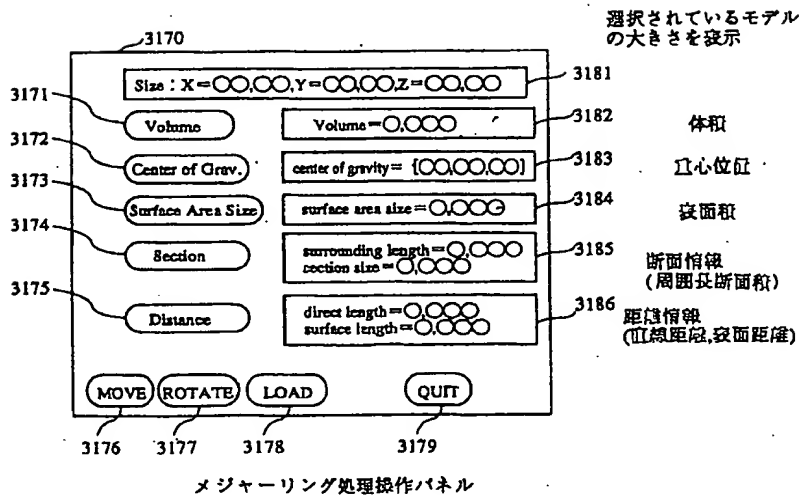
【図 29】



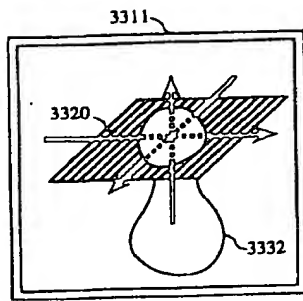
【図 30】



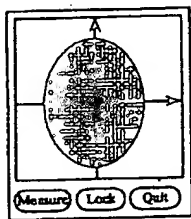
【図 31】



【図 33】

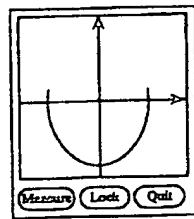


(a) 切断面の設定



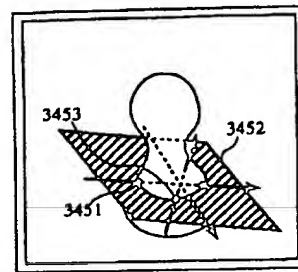
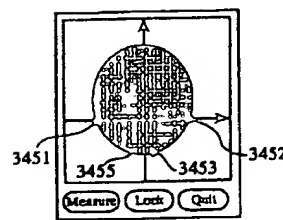
(b) 閉じた切断面の表示

切断による断面表示

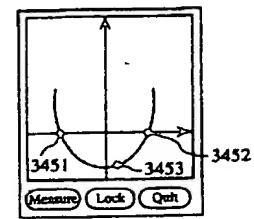


(c) 開いた切断面の表示

【図 34】

(a) 経路の設定  
(始点・終点・通過点の入力)

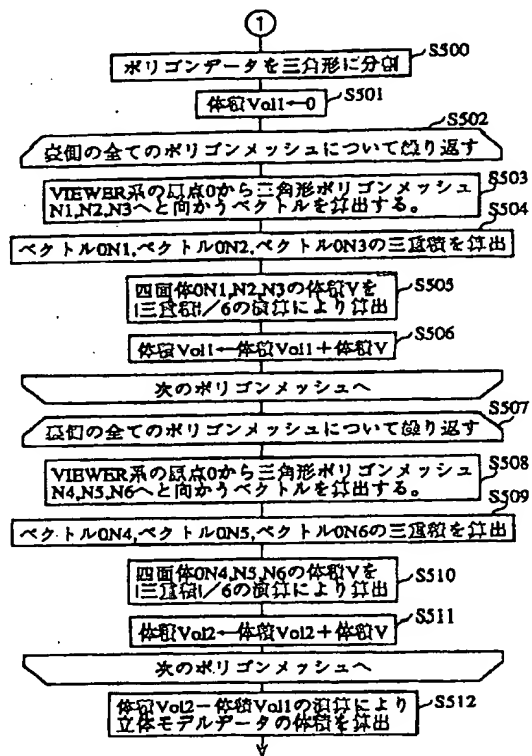
(b) 閉じた交線の場合



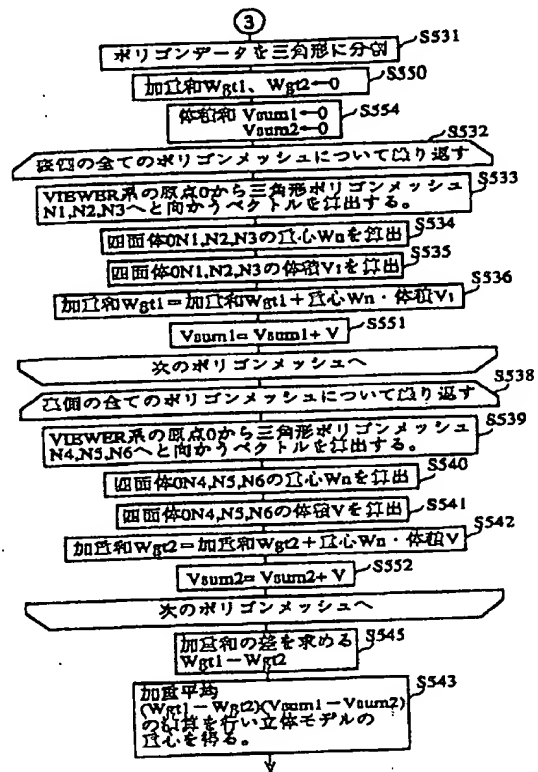
(c) 開いた交線の場合

距離のメジャーリング処理

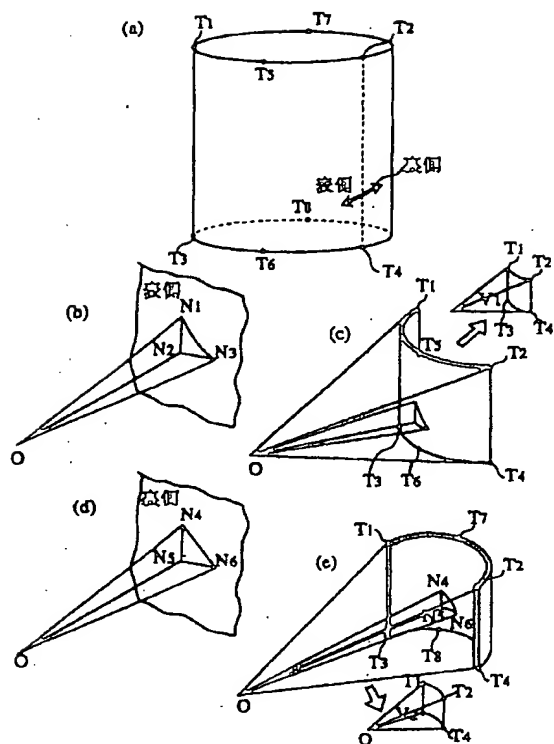
【図36】



【図37】



【図 38】



【図 39】

